

氏名	辺 学 成		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	学 術		
学位授与番号	博甲第2825号		
学位授与の日付	平成16年 9月30日		
学位授与の要件	自然科学研究科地球・環境システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Three Dimensional Analyses of High-speed Train Induced Vibrations for Track and Ground (高速列車による軌道と地盤振動の3次元解析)		
論文審査委員	教授 竹宮宏和	教授 名合宏之	教授 西垣 誠

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

In this study, two problems on the ground borne and structure borne vibrations due to the train traffic loading are analyzed with the dynamic soil-structure interaction effects.

First, the track-ground vibrations due to the train loads running are studied here with the consideration of the wave propagation in infinite layered soil media. The problem is investigated by the substructure method with due consideration of dynamic interaction between a track system comprising rails and sleepers, and underlain layered ground. The modeling is made such that rails are represented by an Euler beam, sleepers and rail-pads by a number of discrete springs and dampers under the beam, and the ballast is replaced by an extending top layer together with the ground by a layered viscoelastic medium. These substructures are then integrated to meet the displacement compatibility and force equilibrium conditions at their interface. The dynamics are solved in frequency-wavenumber domain by applying the Fourier transform procedure. Based on the assumption of a constant train speed, the time domain responses are evaluated from the inverse Fourier computation. From a specific illustrative computation for the Swedish railway, X-2000 in the West coast, which has very soft soil deposits are presented.

Thereafter, the viaduct behaviors and ground motions under the high speed train moving loads with the soil-pile foundation-superstructure interaction effects are studied herein. The problem is formulated in the frequency domain and the dynamic substructure analysis method is adopted by interfacing the superstructure and the ground system at the foundation cap level. The viaduct is modeled as three dimensional beam-column elements with multiple pile foundation supports which are represented by the spring and dashpot with frequency-dependant stiffness and damping values. The train loads are summed by the individual wheel set loads with the space distance shift(or the time shift because of the constant moving speed). The ground composed of layered soil deposits are modeled by axisymmetric rectangle finite elements with the Fourier expansion in azimuth direction. The pile are modeled by the beam elements with 6 DOFs, and integrated into the soil elements at corresponding nodes with equivalent Young's module. The interaction of the footing boundary and the neighboring soil, pile nodes are considered by the master-slave relation because of the high rigidity of the footing structure. The impedance functions of the pile foundation are obtained from the condensing degree of freedoms at foundation top nodes. Meanwhile, to study the wave propagation in the ground, the dynamic thin layer element has been introduced to limit the finite element zone. Two illustrative case studies are performed for different viaduct structure types, one is Japan Shinkansen viaduct with short-span units, and the other is Taiwan high speed train viaduct with long span girders which are simply supported on pier tops.

論文審査結果の要旨

本論文は、高速列車走行に伴う軌道および沿線地盤振動を評価するに当たり、3次元理論解析からコンピュータ・シミュレーションを実施したもので、その信頼度、精度を実測から検証している。

提出論文の構成は、成層地盤への表面加振問題を、先ず定式化し、その解をフーリエ変換法から振動数－波数解を得て波動論から説明している。そして高速フーリエ変換アルゴリズムを適用して数値的に時間－空間解を求めている。

つぎに、列車走行下の軌道－地盤系の振動解析を無限長梁と枕木系を地盤との連成振動前者のグリーン関数を導入して後者の離散質点系との連成を図っている。ここでは、高速列車 X-2000 の実測例を対象に例題解析をし、列車速度をパラメータに沿線地盤への振動の伝播と非伝播を説明している。その理由付けを波数－振動数スペクトル図を参照して行っている。そして地盤内発生波動が伝播振動を決定してることを指摘している。

さらに高架橋軌道からの列車振動に注目して、日本および台湾新幹線を対象に構造物と基礎と地盤との動的相互作用の下で振動応答シミュレーションを実測との比較で示している。ここでは、高速列車振動の予測には、列車の構造諸元と走行速度から決定される振動に加えて、軌道構造物の動的特性、地盤特性から発生する振動の伝播を指摘している。

以上より、提出論文は、軟弱地盤上を走る高速列車からの発生・伝播振動を高精度で予測する手法を提案しており、学術的にこの方面の研究を推進したものとして博士論文に値するものと判断する。